Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Vorstand: Professor Dr. Peckert

Untersuchungen über zahnärztliche Gußmethoden unter besonderer Berücksichtigung des Expansionsgusses

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

Vorgelegt von

Josef Guntner

aus Türkheim in Bayern

1933

Buchdruckerei des Tübinger Studentenwerks

Zum Druck genehmigt von der Medizinischen Fakultät
der Universität Tübingen

Dekan: Prof. Dr. Gaupp

Berichterstatter: Prof. Dr. Wannenmacher

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Dem tapferen Lebenskameraden,
meiner lb. Frau gewidmet!

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Das heute in der Zahnheilkunde übliche Goldgußverfahren gibt bisher nicht die Resultate, die notwendig sind, um Arbeiten von einer Genauigkeit zu erhalten, wie sie für ein einwandfreies Passen im Munde des Patienten unbedingt erforderlich sind. Der Grund hiefür liegt in der in der Unbeständigkeit der beim Arbeitsgang zur Verwendung gelangenden Materialien, deren Größenverhältnisse während des Gusses durch die dabei auftretenden großen Temperaturunterschiede stark verändert werden. Das Ergebnis ist eine Volumenveränderung des Goldgusses, wodurch dessen Brauchbarkeit herabgesetzt wird.

Der vorliegenden Arbeit fällt nun die Aufgabe zu, die Fehler, die dem heutigen Gußverfahren anhaften, zu nennen, die beim Gusse Verwendung findenden Hilfsmaterialien — Einbettungsmasse und Wachs — zu untersuchen, sowie die Bemühungen, die zur Abstellung dieser Fehler angestellt wurden, anzuführen. Weiterhin werden zur Erhärtung der Angaben verschiedener Autoren über das Verhalten von Wachs und Einbettungsmasse unter Temperatureinflüssen die Ergebnisse eigener Untersuchungen dieser Stoffe berichtet und die Expansionsgußergebnisse eigener Versuche bekannt gegeben werden.

Beim heutigen Gußverfahren wird das mit Alkohol gereinigte Wachsmodell im allgemeinen ohne Vorbehandlung eingebettet. Nach Abbindung der Einbettungsmasse wird das Wachs herausgeschmolzen, die Muffel getrocknet und nach Erhitzen auf Temperaturen zwischen 200 bis 1000 ° C erfolgt der Guß, der sich dann fast immer in mehr oder weniger hohem Grade als zu klein erweist. Wird z. B. eine Goldgußeinlage in Sattelform auf diese Art hergestellt, so bleibt nach Einsetzung derselben in die Kavität nicht nur ein freier Spaltraum an den Seiten bestehen, sondern in vielen Fällen ist es überhaupt unmöglich, den Gußkörper einzusetzen, da die Sattelaussparung des Gußstückes sich als zu klein erweist, um das Positiv des Zahnes in sich aufnehmen zu können. Es zeigt sich eine allseitige Schrumpfung des Gußkörpers, obwohl das Wachsmodell passend war.

Sehr rasch nach Aufkommen der Goldgußfüllungen setzte sich die Erkenntnis durch, daß nicht nur die Kontraktion des Goldes (2,1% durchschnittlich) die Genauigkeit des Gusses beeinträchtigt, sondern daß dabei auch das Verhalten der Hilfsmaterialien — Einbettungsmasse und Wachs — eine wichtige Rolle spielt. Dies veranlaßte W.A. Price als einen der ersten die Einbettungsmasse auf ihre Formbeständigkeit hin zu untersuchen. Er machte dabei folgende Feststellungen:

1. Die Expansion beim Erstarren bewegt sich zwischen 0,17 und 0,18%
2. Beim Erhitzen auf 560° C steigert sich die Expansion je nach H_2O Gehalt um 0,5 bis 0,85%.
3. Beim Abkühlen kontrahiert sich die Masse.
4. Ein Wiedererwärmen, aber bis höchstens 450° C, hat eine starke Kontraktion zur Folge, die zwischen 0,85 % und 3,5 % schwankt.

Die wertvollsten Ergebnisse über das Verhalten der Einbettungsmasse berichtet R. L. Coleman auf Grund der umfassenden Untersuchungen einer beauftragten und wissenschaftlich interessierten Arbeitsgruppe in den Vereinigten Staaten. Elf der dort bekanntesten Einbettungsmassen wurden untersucht und es ergab sich folgendes Resultat:

Die meisten der geprüften Materialien dehnten sich beim Erhärten der Einbettungsmasse aus und zwar bis zu 0,5 % linear. Im allgemeinen hatte ein erhöhter Gipszusatz eine erhöhte Ausdehnung zur Folge. Erhöhen des Wasserzusatzes vermindert im allgemeinen die Ausdehnung.

Fast alle der geprüften Einbettungsmassen dehnten sich aus von Zimmertemperatur bis zu 125—150° C. Bei dieser Temperatur ist das freie Wasser verdampft und auch schon ein Teil des Kristallwassers eliminiert. Der Verlust des letzteren hat eine Schrumpfung zur Folge, die vom Prozentgehalt des enthaltenen Gipses abhängig ist. Nach einer kleinen Schrumpfungsperiode hat eine Erhöhung der Temperatur auf 250—350° C eine weitere Ausdehnung zur Folge, der nun meist eine viel stärkere Schrumpfung folgt, die auf den Verlust des restlichen Kristallwassers zurückzuführen ist. Bei 400—450° C beginnt eine dritte Ausdehnung bis zu einer Temperatur von 600° C. Ueber diese Temperatur hinaus wurde in den meisten Fällen eine sehr kleine unwichtige Schrumpfung beobachtet.

Alle geprüften Einbettungsmassen zeigten eine sehr wahrnehmbare Schrumpfung, wenn man sie nach Erhitzen auf über 125° C abkühlen ließ. Ein längeres Verweilen auf irgend einer konstanten Temperatur außerhalb der zwei Kontraktionsperioden hatte selbst nach einigen Stunden keinerlei Schrumpfung zur Folge.

Coleman kommt zu dem Schluß, daß eine allgemeine Ausdehnung der Einbettungsmasse von ca. 0,2 bis 0,3 % zur teilweisen Kompensation des Goldes erreicht werden kann, wenn die Gußform auf ca. 300° C erhitzt wird, und der Guß in die so erhitzte Form erfolgt.

Nach Schubert haben Einbettungsmassen mit einem Gipsgehalt von unter 40 % bei einer Temperatur von 600—700° C ihre größte Ausdehnung, während die Kurve bei höheren Temperaturen meist steil abfällt. Wie bei Coleman, so wurden auch bei Schubert Ausdehnung bezw. Schrumpfung gemessen, während die Einbettungsmassen die betreffenden Temperaturen hatten, ganz im Gegensatz zu unseren

Untersuchungen, wo die Versuchskörper nach Wiedererkalten gemessen wurden. Auch setzt Schubert die Abbindeexpansion mit 0,03 bis 0,64 % in seine Berechnungen über Expansionsguß ein.

Interesant sind die Feststellungen Gerlachs, der angibt, daß das Einzelverhalten von Gips und Quarz, den beiden Hauptbestandteilen der Einbettungsmasse, während des Erhitzungsprozesses diametral entgegengesetzt ist, da die beiden chemischen Körper auch im abgebundenen Zustande der Einbettungsmasse sich nur in Mischung befinden. Er nennt auf Grund seiner Untersuchungsergebnisse die Temperatur von 575° C den Quarzumwandlungspunkt, mit dem die Volumenänderung abgeschlossen ist.

Die zahlreichen Untersuchungen von Einbettungsmasse haben bis heute zu einem absolut einheitlichen Ergebnis noch nicht geführt, denn die Verschiedenheit der erhaltenen Zahlen über Ausdehnung und Schrumpfung dieses Materials ist nicht nur durch die Art der Zusammensetzung der zu prüfenden Masse bestimmt, sondern auch durch die Art der Untersuchungsmethoden gegeben.

Gerlach wie Coleman berichten von Messungsapparaturen, die es ermöglichten, die Versuchskörper zu messen, wenn sie die gewünschten Temperaturen erreicht hatten. Ein Messen der Einbettungsmassen bei hohen Temperaturen erscheint aber zwecklos, da es fraglich ist, ob bei einer Apparatur, wie sie Gerlach und Coleman benützten, nur unbedeutende Fehlerquellen in Erscheinung treten können. Während bei der Apparatur von Gerlach der durch die Erhitzung unvermeidliche Ausdehnungskoeffizient sowie die vorhandene Reibung der übertragenden Apparaturteile ergiebige Fehlerquellen darstellen können, ist in den Ausführungen von Coleman weder der Ausschaltung der Reibungsfehler noch der Ausdehnungskoeffizienten des in die Meßstuben reichenden Drahtes Erwähnung getan.

Aus diesem Grunde schon können die Ergebnisse von Gerlach, Schubert und Coleman nicht als exakte Werte, die für den Expansionsguß rechnerisch zu verwerten wären, genommen werden, aber sie zeigen ohne weiteres, daß bei einer Erhitzung der Einbettungsmassen auf Temperaturen von 500—700° C mit einem Gießen in eine erweiterte Formhöhle gerechnet werden muß, was unseren Wünschen bezüglich des Expansionsgusses sehr gelegen kommt. Bis zu welchem Ausmaße aber diese Erfahrungen zu verwerten sind, wird bei der Besprechung des Expansionsgusses selber zu betrachten sein.

Vorher ist aber einem weiteren Hilfsmaterial, dem Gußwachs, Aufmerksamkeit zu schenken, denn schließlich soll gerade die Bereitwilligkeit des Wachses, sich unter Erhöhung der Temperatur verhältnismäßig stark auszudehnen, uns die Möglichkeit einer Kompensation der Schrumpfung von Gold- und Einbettungsmasse geben.

Wannenmacher schreibt: „Wir haben geeignetes Gußwachs mit einer Expansion von 2,10 %, um die Kontraktion des Goldes auszugleichen. Diese Eigenschaft darf nicht durch die Elastizität des Wachses gestört werden. Unterlasse Kneten und starkes Drücken des Gußwachses. Modell nicht mit kaltem Wasser abkühlen, um die Elastizität zu verankern. Im Gegenteil. Beseitige durch Erwärmen des Wachsmodelles alle Elastizität und kühle dann erst ab. Vermeide während des ganzen Arbeitsganges bis zum Erstarren der Einbettungsmasse zu große Temperaturunterschiede".

Es muß vorausgeschickt werden, daß nicht jedes Wachs für den Guß geeignet ist. Um unseren Ansprüchen zu genügen, muß es verschiedene Eigenschaften haben, die Elander wie folgt angibt:

1. Wachs soll aus der Gußform entfernt werden können ohne Beschädigung der Wände der Formhöhle und ohne Rückstände zu bilden, die auf die Form des Gusses einwirken;
2. es soll bei und nach dem Schmelzen seine Homogenität beibehalten;
3. die Steife des Wachses soll so groß sein, daß es außerhalb des Mundes modelliert werden kann;
4. die Schmelztemperatur darf nicht so niedrig sein, daß das Wachs bei Mundtemperatur weich und plastisch wird, sondern es soll genügend Steife behalten, um zu verhindern, daß das Modell sich beim Fertigmodellieren dehnt oder schief zieht;
5. der Schmelzpunkt darf nicht höher sein, als daß es sich machen läßt, das Wachs in geschmolzenem Zustande in einen Zahn mit lebender Pulpa zu bringen;
6. das Wachs darf in festem Zustande nicht klebrig sein;
7. das Wachs soll nicht so spröde sein, daß es sich mit dem Cuttlefishrädchen bearbeiten läßt;
8. das Wachs soll keine ölige, fette Oberschicht haben;
9. die Farbe soll sich scharf von der des Zahnes unterscheiden;
10. in dünner Lage soll das Wachs lichtdurchlässig sein.

Diese zehn Punkte, die Elander für das Wachs beim Anfertigen von Goldeinlagen aufgestellt hat, sind auch für jeden anderen Goldguß vollkommen ausreichend. Die Industrie trägt bei Herstellung von Gußwachs diesen Anforderungen, wenigstens soweit Markensorten in Frage kommen, genügend Rechnung. In dieser Arbeit werden diese Eigenschaften des Wachses als selbstverständlich vorausgesetzt, da ja die Ausdehnung des Wachses durch Erwärmen und die Nutzanwendung dieser Eigenschaft hier am meisten interessieren.

Die Erkenntnis der Volumenveränderung des Wachses schon unter der obersten Grenze der Arbeitstemperatur gibt uns der von Solbrig ausgeführte Versuch: Man beschwert ein Stück Wachs durch Einstechen eines Drahtes so, daß es im kalten Wasser eben zu Boden sinkt. Er-

wärmt man das Wasser um wenige Grade, so steigt das beschwerte Wachsstuck in die Höhe, ein Beweis, daß das spezifische Gewicht des erwärmten Wachses geringer geworden ist, d. h., daß die Erhöhung der Temperatur um wenige Grad genügte, eine Vergrößerung des Volumens herbeizuführen.

Das in flüssigem Zustande in die Zahnkavität gebrachte Wachs nimmt unter dem Einflusse von Flüssigkeitstropfen, die der Modelloberfläche anhaften, sehr rasch eine Temperatur von 33° C ein, was von einer Kontraktion des Wachses begleitet ist. Das Wachsmodell ist also bereits zu klein. Orbàn gleicht diese Kontraktion bei Gußfüllungen dadurch aus, daß er mit einem warmen Spatel einen $^1/_2$ mm vom Kavitätenrande entfernten und mit diesem parallel laufenden Spalt schneidet, das Wachs an die Kavitätenwand preßt und in den so entstandenen Spalt frisches Wachs einträufelt. Diesen Vorgang wiederholt er an jeder Wand. Eine nicht unwesentliche Bedeutung spielt dabei die Isolation der Kavität. Nach Solbrig soll die Kontraktion ohne Vaselineschicht „bedeutend" geringer sein. Es ist wohl anzunehmen, daß da die Kontraktion von der Dicke der Isolierschicht noch nebenbei stark beeinflußt wird.

Wesentlicher dagegen ist die Volumenveränderung des Wachses, wenn es bei einer höheren oder niederen (meistens) Temperatur eingebettet wird, als es im Munde des Patienten hatte; denn diese Formveränderungen werden in der Einbettungsmasse als Negativ festgehalten.

Coleman bringt die Untersuchungsergebnisse von gebräuchlichen Arten Gußwachs in folgender Tabelle:

Temperatur-Unterschied	Ausdehnung in Prozenten					Bemerkungen ad
	Wachs Nr.					
	1	2	3	4	5	
						Temperatur-Unterschied
25 zu 30 ° C	1) 0,12%	.22 %	.16 %	.23 %	1) .13%	1) 28—30 ° C
30 „ 35 ° C	.32	.25 %	.30	.31	.34	2) 35—38 ° C
35 „ 40 ° C	2) .26	.24 %	2) .29	.29	.25	3) 28—38 ° C
25 „ 40 ° C	3) .70	.71 %	4) .74	.83	5) .72	4) 25—38 ° C
						5) 28—40 ° C

Aus dieser Tabelle ergibt sich, daß wenn ein Modell von irgend einem dieser Wachse bei 40 ° C der Größe der zu füllenden Kavität entspricht, es nach Abkühlung auf 25° C um ca. 0,7—0,8 % zu klein sein wird, abhängig von dem benützten Wachse. Diese Werte geben also die Ausmaße an, zu welchen die Schrumpfung des gegossenen Goldes durch die Ausdehnung des Wachsmodelles (durch Einbetten bei höherer Temperatur) kompensiert werden kann, wie es schon 1910 van Horn vorschlug. (Coleman).

Die Nutzanwendung der Erkenntnisse der Expansionsbreite bei den Gußwachsen brachte uns die sogenannte Expansionsgußtechnik, von der bereits einige Arten in der Fachliteratur besprochen wurden. Im Folgenden soll über die bekannten Verfahren berichtet werden.

Coleman setzt beim Golde eine lineare Kontraktion von 1,25 % voraus, nimmt geeignetes Gußwachs, geeignete Einbettungsmasse, erhöht beides auf die erforderliche Temperatur bis zur Erhärtung der Einbettungsmasse und gießt dann, nachdem er die Muffel auf eine entsprechende Temperatur vorgewärmt hatte. Coleman berichtet darüber: Die augenscheinlich erreichbaren Hilfsmittel, um die Schrumpfung des Goldes zu kompensieren, sind Wärmeausdehnung des Modellierwachses und die Wärme- und Abbindungsausdehnung der Gußform aus Einbettungsmasse. Gemäß den oben erhaltenen Rusultaten bei Modellierwachs und Einbettungsmasse mag die kombinierte Expansion dieser zwei Materialien zu einer Summe von 1,25 % (linear) gebracht werden durch eine Anzahl verschiedener Methoden. Ein Beispiel folgt zur Illustration: Wenn Einbettungsmasse Nr. 5 gemischt wird im Verhältnis von 100 g Pulver zu 40 g Wasser, so erhalten wir eine Abbindungsausdehnung von 0,21 % und wenn die Gußform aus Einbettungsmasse auf 600° C erhitzt wird, bekommen wir eine Ausdehnung von 0,87 %. Die totale Expansion der Gußform ist die Summe dieser zwei Expansionen oder 1,08%, bleibt ein Rest von 0,17%, der vom Wachsmodell geliefert wird. Bei Wachs Nr. 5 kann eine Ausdehnung von 0,17% auf zahlreiche Weise erreicht werden, z. B. wenn das Modell bei 33° C hergestellt und bei 36° C eingebettet wird. Coleman beschreibt nun einige weitere Möglichkeiten, wobei er die Muffel nicht so stark erhitzt, dagegen das Wachsmodell stärker erwärmt. Er betrachtet also den ganzen Expansionsguß als eine Rechenaufgabe einfachster Art auf Grund seiner Tabellen über Volumenveränderungen von Wachs und Einbettungsmasse und will mit dieser Methode einwandfreie Resultate erzielen. Die Modelle werden hierbei von Stahlformen genommen. Schaeffner sagt dazu: „Auch bei genauester Kenntnis der absoluten Einzelwerte sämtlicher beim Gußverfahren nötigen Materialien kann durch reine Addition bezw. Subtraktion niemals das Endresultat gefunden werden, da die Elemente — wie Hahn die einzelnen Arbeitsvorgänge genannt hat — unkontrollierbar ineinandergreifen."

Als nicht erfaßbar muß die Abbindeexpansion betrachtet werden. Wir haben hier zwei Vorgänge zu beachten. Der eine ist die Ausdehnung der Einbettungsmasse, der andere die Ausdehnung des Wachses. Die letztere wird bewirkt durch die Erhöhung der Temperatur während der Abbindezeit der Einbettungsmasse, die 0° bis 15° C betragen kann und für die gewöhnlichen Einbettungsmassen mit 5° C angegeben wird. Coleman sagt aber selbst, ein rein praktischer Effekt sei nicht wahrgenom-

men worden. Auch Schubert stellt eine Abbindeexpansion und zwar von 0,48 % fest. Es dürfte mehr als zweifelhaft sein, daß sich die Abbindeexpansion beim Einbetten in Stahlmuffeln irgendwie verwerten läßt. Die Wandung der Muffel lenkt die Ausdehnungskraft in eine andere Richtung, so daß sich meines Erachtens dadurch eine Vergrösserung der Formhöhle nicht gut erreichen lassen kann. Die Abbindungswärme wiederum dürfte praktisch genommen kaum zu einer Expansion des Wachsmodelles führen, da sich schon bei oberflächlicher Beobachtung feststellen läßt, daß die Wärmeentwicklung erst dann eintritt, wenn die Einbettungsmasse bereits eine solche Festigkeit erreicht hat, daß eine Wachsexpansion nicht mehr eintreten kann.

Schaeffner nimmt als Einbettungsmasse 70 g Kitz zu 29 g H_2O. Alles, Einbettungsmasse, Wasser, Instrumente, Wachsmodell etc. wird vorher auf 50 ° C erwärmt und die Muffel kommt sofort nach dem Einbetten in den Thermostat für $1^1/_2$ Stunden. Nach dieser Zeit ist die Expansion beendet. Innerhalb $1^1/_2$ Stunden wird die Muffel zur Entfernung des Wassers vorgewärmt und kommt dann für 20 Minuten in den Ofen von 500 ° C „genügend heiß, um Güsse zum Ausfließen zu bringen und genügend unter 600 ° C, der Zersetzungstemperatur des Gipses". Die einfließende Schmelze braucht bei Schaeffner bis zum Erreichen des Soliduspunktes, also bis zum vollständigen Erstarren 45 Sekunden, wenn der Mantel aus Einbettungsmasse 8 mm dick ist (vom Gußkörper aus gemessen), weshalb er beim Schleudern eine Zeitdauer von 1 Minute vorschreibt. Schaeffner ist der Anschauung, daß die Autoren, die die sogenannte Wachsexpansions-Technik empfehlen, wenn nicht gerade auf falschem, so doch auf unsicherem Wege sich befinden, da sich bei dieser Technik die Temperatur des Wachses beim Einbetten dicht unter seinem Schmelzpunkte befindet, also schon in beginnender Erweichung. Dagegen fordert er Einbettungsmassen, die eine größere Abbinde- oder auch thermische Expansion als unsere jetzt gebräuchlichen besitzen und Goldlegierungen, die eine möglichst kleine Kontraktion aufweisen.

Man wird Schaeffner ohne weiteres Recht geben, wenn er Wachse verwirft, die erst bei 50 ° C eine ausgleichende Expansion aufzuweisen in der Lage sind, da ja die meisten Wachse bereits unter 50 ° C plastisch werden. Wir haben aber Wachse, die schon bei einer Steigerung auf 40 ° C, also 7 ° über der Bearbeitungstemperatur (33 ° ist offene Mundtemperatur) genügend Expansion aufweisen, um die Kontraktion des Goldes auszugleichen. Die Hoffnung auf eine Gußgoldlegierung mit wesentlich geringerer oder womöglich gar keiner Kontraktion stieß bisher auf unüberwindliche Schwierigkeiten, da die wichtigen Eigenschaften, die das in der Zahnheilkunde verwendete Gold besitzen muß, nicht geopfert werden dürfen.

Orbàn brachte uns das zweifache Einbetten nach Mayer und Maves (Minneapolis). Beim ersten Einbetten bei Zimmertemperatur wird ein ca. 2 mm dicker Mantel mit dicker Einbettungsmasse ums Wachsmodell gelegt, der Gußstift und Gußkegel bedeckt. Bei der zweiten Einbettung werden Wasser, Einbettungsmasse, Mischer, Gummimapf und Gußzylinder auf 50 bis 60° C erwärmt (je nach Größe des zu gießenden Gegenstandes) und Wasser und Einbettungsmasse durch 30—40 Umdrehungen mit dem mechanischen Mischer vermengt. Beide Einbettungen folgen sofort aufeinander. Der so gefüllte Gußzylinder kommt nun für 30 Minuten in ein Wasserbad von 40—60° C (je nach Größe und Massigkeit des zu gießenden Gegenstandes). Die innere Einbettungsmasse hat Zimmertemperatur, die äußere ca. 50° C. Durch die innere Einbettungsmasse dringt aber die Wärme erst allmählich zum Wachs und dehnt es aus. Die noch nicht weiche innere Einbettungsmasse gibt nach und erhärtet, während das Wachs sich ausdehnt. Das Wasser wird nunmehr durch Dampf entfernt, die Muffel bei 200° C getrocknet (ca. 12—15 Min.) und bei dieser Muffeltemperatur unter Druck (10—20 PFD) gegossen.

Die ganze Apparatur, die bei dieser Methode gebraucht wird, und das umständliche Verfahren der Wachsentfernung veranlaßten Preissecker zu einer Aenderung der Methode Orbans. Wie er selbst sagt, unterscheidet sich die geänderte Methode im Prinzip nur wenig von der Originalmethode. Lediglich das Instrumentarium ist einfacher und billiger. An Stelle der amerikanischen wird Freysche Einbettungsmasse genommen. Das Wachs wird nach irgend einer Auskochmethode entfernt. Es wird auch hier unter Druck gegossen. „Ist aller Wasserdampf entfernt (Spiegelversuch), sofort gießen, ehe die Temperatur stark über 100° C ist“. (Preissecker).

Diese Wiener Abänderungsmethode wird nun von Rosenzweig stark abgelehnt, da seines Erachtens mit jedem Schritt bezw. jeder Stufe, die bei der modifizierten Methode nach Preissecker sich von der Methode Mayer und Maves entfernt, der Erfolg des Gusses minderwertiger wurde. Rosenzweig hat bei seinen Versuchen der gewöhnlichen Gußmethode je eine Phase der Originalmethode Mayer-Maves schrittweise hinzugefügt. An den auf diese Weise gewonnenen Gußstücken soll der schrittweise, immer besser werdende Erfolg nach Hinzufügen je einer Phase der Originalmethode deutlich zu verfolgen sein. Er soll erst vollkommen sein bei peinlicher Einhaltung aller Phasen des Originalarbeitsganges.

Nach Elander sind es vier Punkte, die die Formhöhle vergrößern.

1. Erwärmen der Form beim Gusse.
2. Die Ausdehnung des Gipses (Einb.-Masse).

3. Der Einpressungsdruck der Schmelzmasse.
4. Ausdehnen des Wachses beim Entfernen desselben aus der Form.

Hier ist zu Punkt 3 und 4 zu erwähnen, daß durch den Druck beim Preßgußverfahren eine Ausdehnung der Formhöhle als sehr unwahrscheinlich erscheint; auch fällt es sehr schwer, anzunehmen, daß die Ausdehnung des Wachses beim Entfernen desselben aus der Form genügend stark ist, um eine Vergrößerung der Formhöhle herbeizuführen.

Wie die oben genannten Autoren, so tritt auch Elander für das zweifache Einbetten ein, wobei er das erste Einbetten nochmals unterteilt. Es liegt sehr viel Handlung in seiner Methode, die ich in folgendem kurz skizziere:

Erstes Einbetten: Aus 37 g Weinstein-Soldering Investment + 10 bis 11,5 cm^3 H_2O werden in einem Porzellantiegel und zwar innerhalb 15 Skd. Pulver und Wasser zu einer homogenen Masse vermischt. Innerhalb 5 weiterer Sek. wird diese Masse auf eine Glasplatte gebracht und dort 40 Sek. lang gespatelt. Dann wird eine Schale von 2—3 mm Dicke um das Modell aufgebaut und reichlich mit Kochsalz überstreut, was 2—3 Min. in Anspruch nehmen darf, worauf dann das so behandelte Modell auf einem Badestuhl ins Wasserbad von 50° C kommt, wo ihm eine halbe Stunde lang Zeit gelassen wird, sich die geforderte Ausdehnung anzueignen. Nach dem Bade kommt um den inneren Mantel ein dicker, äußerer Mantel.

Zweites Einbetten: 47,5 g W.S. Investment werden mit 15 cm^3 Wasser bei 18° C gemischt und dann das Modell in die Gußküvette eingebettet, worauf das Ganze nochmals für 30 Min. im Badestuhl bei 50° C verbleibt.

Das Entfernen des Wachses geht bei einer Temperatur von 210 bis 220° C vor sich, die innerhalb 17—30 Sek. erreicht sein soll. Zur Kontrolle der zugeführten Hitze wird zwischen Kochring und Flamme ein Pyrometer aus Nickeldraht angebracht, dessen unteres Kreuz rot sein muß, das mittlere schwach glühen und das obere Kreuz gar nicht glühen darf. Zum Gießen, das in die abgekühlte Form erfolgt, verwendet Elander eine eigene Gußmaschine.

Bei Betrachtung dieser Gußmethoden ist ohne weiteres zu ersehen, daß alle Autoren der Ausdehnung des Wachses ihr Hauptaugenmerk zuwenden. Interessant dürfte die Fesstellung sein, daß Mayer und Maves, deren Methode wir durch Orbàn kennen, sich nicht so streng an die Methode von Coleman halten, dessen Tabellen es ihnen ja ermöglicht haben müßten, rein rechnerisch auf einem einfacheren Wege, als sie es tun, zu einem 100 %igen Erfolge zu kommen. Bei den Untersuchungen, von denen uns Coleman berichtet, sind Gold, Wachs und Einbettungsmassen mit einer solch vorbildlichen Gründlichkeit

und unter Benützung aller zur Verfügung stehenden und teilweise eigens angefertigten Apparatur durchgeführt. worden, daß bei der Einstellung der amerikanischen Universitäten die Einführung der Rechen-Methode Coleman in sämtlichen Colleges of Dentistry der Vereinigten Staaten als selbstverständlich anzunehmen wäre — wenn dieses Rechenexempel fehlerfrei wäre. Man ist da leicht geneigt, anzunehmen. daß die ausgezeichneten Gußergebnissee Coleman's vielleicht nur ein Zufall waren, wie es ja selbst bei dem gewöhnlichen Gußverfahren gar nicht selten vorkommt, daß bei einmaligem Einbetten trotz Nichtbeachtens der Wachsexpansion auch sehr gute Resultate herauskommen. Coleman berichtet leider nicht, wie vielen Gußversuchen sein Ergebnis zu Grunde liegt. Ich kann auch nicht auf Grund der Ergebnisse unserer Versuche an das Rechenexempel glauben.

Die wertvollsten Erfahrungen über den Expansionsguß verdanken wir van Horn, der an eine große Anzahl amerikanischer Zahnärzte Wachsmodelle versandte und folgendes Begleitschreiben beilegte:

Anweisungen.

Lies sehr sorgfältig!

Packe das Wachsmodell nicht aus, ehe Du bereit bist, es einzubetten. Notiere die Nummer des Modelles, bevor Du es einbettest. Wenn die Nummer im Gusse nicht deutlich sichtbar ist, versieh den Guß mit einem die richtige Nummer tragenden Zettel. Nummernzettel sind in dem Karton....' Jedes dieser Muster bette auf die ganz genau gleiche Art und Weise ein und mache auch den Guß ganz genau so, als wenn Du für Deine Praxis ein Inlay machen würdest. Mache keinerlei Unterschiede. Bitte gib mir dann, so genau als Du kannst, die folgenden Daten an — und füge alles an, was Du für wichtig hälst.

Name des benützten Modellierwachses:
Name oder Art der benützten Einbettungsmasse:
Temperatur, bei der das Wachsmodell eingebettet wurde,
Temperatur des zum Anrühren der Einbettungsmasse benützten Wassers.
Abbindungszeit (vor Trocknen der Muffel).
Temperatur, bei der die Muffel ausgetrocknet wurde.
Temperatur, bei der das Wachs entfernt wurde.
Austrocknungszeit in Minuten und Entfernen des Wachses.
Type oder Art der benützten Gußapparatur.
Menge des benützten Druckes beim Guß.
B. und S.-Größe des benützten Gußstiftes.

Art der Lötpistolenflamme, die zum Schmelzen des Goldes benützt wurde.

Temperatur der Muffel im Augenblicke, ehe die Lötpistolenflamme angewandt wurde.

Benütze womöglich 24K Gold; wenn anderes, als 24 Kar., gib die Karatzahl an.

Waren irgendwelche Risse oder Brüche in der Einbettungsmasse, die sich bis zum Gußstück oder um dieses herum ausdehnten?

Wasche nach dem Gusse nur die Einbettungsmasse ab; unter keinen Umständen berühre den Guß mit irgend einem Instrument.

Schneide Gußkegel mit Stift ab, wickle jeden Guß separat in Baumwolle und Papier, verpacke ihn sehr sorgfältig in den Karton, füge dieses Blatt — genau und voll ausgefüllt — dazu und sende es versichert per Post an

C. S. van Horn.

Das Resultat dieser Versuche veranlaßten van Horn zu folgenden Feststellungen: „1. Je höher die Temperatur ist, bei der das Wachsmodell eingebettet wurde und 2. je höher die Temperatur der Einbettungsmasse ist, wenn das Gold in der Gußmuffel kristallisiert, desto genauer repräsentiert das Gußstück die entsprechenden Dimensionen des Wachsmodelles. Es ist daher billig, anzunehmen, daß die zwei am meisten aktiven Variablen im Gußprozeß, die wir mit Erfolg kontrollieren können, folgende sind: Erstens die Temperatur des W-Modelles während des Abbindens der Einbettungsmasse und zweitens die Temperatur der Einbettungsmasse im Moment der Kristallisation des Goldes in der Muffel. Natürlich betrifft das Temperaturen für die Einbettungsmasse während der Abbindungszeit von höchstens 53 ° C und für die Gußtemperatur von höchstens 550 ° C. Es würde unvernünftig sein, ohne das Unwissenschaftliche zu erwähnen, wollte man Temperaturen in Betracht ziehen, die die Ränder des Wachsmodells oder die Einbettungsmasse zerstören würden.

van Horn fährt fort: „Innerhalb vernünftiger Grenzen sind weder die Abbindungszeit der Einbettungsmasse, noch Art der Wachs- und Gasentfernung, noch der beim Gusse benützte Druck, noch Dicke des Gußstiftes und Art der zum Schmelzen des Goldes benützten Flamme von irgendwelcher Bedeutung, soweit als Ausdehnungsresultate in Frage kommen. Auch die Art der benützten Gußmaschine scheint keinen wahrnehmbaren Einfluß auf die genauen Ausmaße des Gußstückes zu haben. . . . .“

Die Resultate zeigen ziemlich überzeugend, daß die Temperatur eher als irgendwelche angenommene oder angepriesene Ueberlegenheit der Apparatur von bedeutender Wichtigkeit sind. . . . .“

Die Großartigkeit des eben genannten Versuches von van Horn und die Einfachheit der Schlußfolgerung, die dieser Forscher seinen Ergebnissen zugrunde legte, konnten auch durch neuere Forschungen nicht erreicht werden, wenigstens insoweit nicht, als das praktische Ergebnis in Frage kommt.

Wenn wir die Literatur nach dem Expansionsgusse hin durchsehen, so sind wir in Bezug auf die Entwicklung des Goldgußes bis nach Ende des Weltkrieges fast ausschließlich auf die amerikanische Literatur angewiesen. Taggart beschreibt in The Dental Cosmos 1907 „Eine neue und genaue Methode, Goldfüllungen zu machen". Unsere heute allgemein übliche Methode ist dieser ersten Methode sehr ähnlich. Damals begann der Kampf gegen die gehämmerten Goldfüllungen.

Um der Kontraktion des Goldes zu begegnen. schlug Price 1910 vor, entweder einen hohen Gußdruck (300 bis 600 Pfd.) zu nehmen, oder das Wachsmodell zu vergrößern oder die Gußform durch Erhitzen auf 538 ° C.

van Horn gibt 1910 bereits einen genauen Arbeitsplan. „Benütze kein plastisches Wachs, mache ein exaktes Modell; halte die Kuvette gerade so warm, wie es für die Finger angenehm ist; mische die Einbettungsmasse mit Wasser, das eine Temperatur von 46—48 ° C hat; arbeite so rasch, als es sich mit Genauigkeit vereinbaren läßt; lasse der Einbettungsmasse mindestens 15 Minuten Zeit zum Erhärten und halte während dieser Zeit die Temperatur auf 43 ° C; trockne die Einbettungsmasse sehr langsam, was ungefähr 30 Minuten erfordert; wenn alle mechanische Feuchtigkeit entfernt ist, steigere die Temperatur, bis das Wachs verraucht ist (nicht auskochen oder ausbrennen), was eine weitere halbe Stunde erfordert. Wenn die Einbettungsmasse braun-schwarz ist, führe Hitze zu, bis sie wieder weiß ist. Bringe das Gold in den Schmelztiegel, erhitze die Muffel auf Rotglut und wenn das Gold weißglühend ist, gieße.

Price schreibt 1911: „Wenn das Wachsmodell beim Einbetten auf die Temperatur erwärmt wird, die es hatte, wenn es in die Kavität kam, so ist nur mehr der Fehler vorhanden, den die Kontraktion des Goldes (2,2 %) hervorruft und durch Erwärmen auf noch höhere Temperatur kann auch dieser Fehler noch kompensiert werden. „Aber", fährt Price fort, „wir haben kein Wachs, mit so geringer Elastizität, daß es seine Form behält, wenn es nur auf seine ursprüngliche Temperatur gebracht wird, bei welcher es in die Kavität gebracht wurde."

Damit hatte Price bereits den Punkt genannt, von dem aus das Problem „Expansionsguß" in Angriff genommen werden konnte. Heute haben wir Wachse, die für unsere Zwecke vollauf geeignet sind.

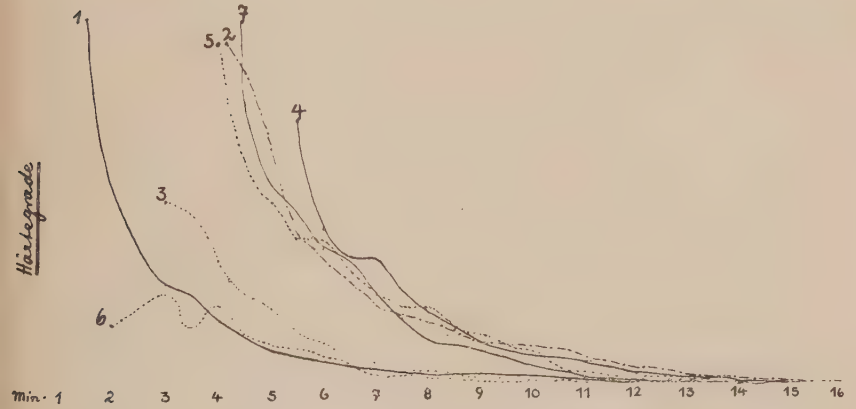
D. S. Meyer berichtet 1912, wie er nach warmem Einbetten (60 ° C) die Muffel in seinen kleinen mittels einer elektrischen Birne geheizten

Ofen setzte und so das Wachs in der noch weichen Einbettungsmasse erwärmte und dadurch zur Expansion brachte.

Eigene Untersuchungen.

Die dieser Arbeit zu Grunde liegenden Untersuchungen von Einbettungsmassen wurden mit sieben verschiedenen Sorten unbekannter Zusammensetzung gemacht. Bei der Prüfung ihrer Abbindungszeiten ergab sich eine Dauer von 10—16 Minuten. Kleine Unregelmäßigkeiten bei einzelnen Abbindungskurven dürften dadurch zu erklären sein, daß die Bestandteile der betreffenden Einbettungsmassen nicht bis ins kleinste durchgemischt waren.

Abbindungskurven von 7 verschiedenen Einbettungsmassen. Die Zeitangabe beginnt mit dem Vermischen der Einbettungsmasse mit dem Wasser.
Temperatur: Zimmertemperatur (23° C) für Wasser und Einbettungsmasse, sowie für die Geräte, die mit der Masse in Berührung kamen.



Zur Prüfung der Einbettungsmassen auf hohe Temperaturen wurden Prüfkörper von 1 cm Kantenlänge nach vorherigem Austrocknen gemessen, und dann im elektrischen Ofen langsam auf die gewünschte Temperatur gebracht und dort für 25 Minuten gehalten. Nachdem die Würfel langsam erkaltet waren, wurden die Längenveränderungen mit einem Meßmikroskop festgestellt. Es wurden immer zwei Serien der sieben Einbettungsmassen auf einmal in den Ofen gebracht und zwar wurde von 4—8 Prüfungen der Durchschnittswert errechnet, wie ihn die folgende Tabelle zeigt:

Nach Erhitzen auf ° C	Lineare Schrumpfung bzw. Ausdehnung der Einbettungsmasse nach Erkalten auf Zimmertemperatur in Prozenten						
	E.M. Nr. 1	E. M. Nr. 2	E.M. Nr. 3	E.M. Nr. 4	E.M. Nr. 5	E.M. Nr. 6	E.M. Nr. 7
400	— 1,63	+ 0,02	+ 0,13	— 0,23	— 1,07	— 1,29	— 0,32
600	— 1,32	— 0.50	— 0,39	— 0,68	— 0,64	— 0,43	— 0,80
815	— 1,99	— 0,51	— 0,99	— 1.31	— 1,05	— 0,66	— 0,76
1000	———	— 1,8	— 2,12	— 2.97	— 1.42	— 0,84	— 0,90
Verhältnis E.M. zu H_2O	5 : 2	5 : 2	5 : 2	5 : 2	5 : 2	27,5 : 10	28 : 10

Expansion = + Kontraktion = —

Wie aus dieser Tabelle zu ersehen ist, weisen diese Einbettungsmassen ziemliche Unterschiede bezüglich ihrer Schrumpfung auf, wenn sie nach Erhitzen auf hohe Temperaturen und darnach erfolgter Abkühlung gemessen werden. Vergleicht man damit die Tabelle, wie sie uns Gerlach auf Grund seiner Untersuchungen gibt, so läßt sich ohne weiteres sagen, daß die Ergebnisse entgegengesetzte sind, was wohl darauf beruht, daß Gerlachs Messungen dem erhitzten Prüfkörper galten und nicht wie bei den sieben oben angeführten Einbettungsmassen dem nach Erhitzen wieder erkalteten Prüfkörper.

Tabelle von Gerlach.

Grad C	Deutsche Einbettungsmasse		amerikanische Einbettungsmasse	
	1 "T"	2 "C"	4 "K"	5 "G"
100	+ 0,15	+ 0,08	+ 0,12	+ 0,00
200	+ 0,18	+ 0,12	+ 0,15	+ 0,10
300	+ 0,16	+ 0,05	+ 0,10	+ 0,17
400	— 0,13	— 0,15	— 0,10	+ 0,20
500	+ 0,10	+ 0,11	— 0,03	+ 0,34
600	+ 0,22	+ 0,19	+ 0,18	+ 0,51
700	+ 0,23	+ 0,18	+ 0,08	+ 0,30
800	+ 0,20	+ 0,15	— 0,01	+ 0,10
Verhältnis E.M. : H_2O	25 : 11	25 : 11	25 : 11,8	25 : 10

Expansion = + Kontraktion = —

Bei den Wachsuntersuchungen wurden die Wachsprüfkörper bei 14 ° C, 23 ° C und 45 ° C (Randolf Wachs auch noch bei 33 ° C) gemessen. Um es gleich vorwegzunehmen, so ergab sich mit steigender Temperatur eine sich steigernde Ausdehnung der Prüfkörper.

Da ein exaktes Messen sowie exakte Temperaturen unbedingte Voraussetzung sind, wurde zum Messen ein Meßmikroskop benützt, das noch Unterschiede von 1/100 mm anzeigte, eine Genauigkeit, die vollkommen ausreicht. Die jeweils notwendigen Temperaturen wurden folgendermaßen erreicht. Für 14 ° und 23 ° C wurde jeweils die gleiche Zimmertemperatur hergestellt und dann zur Messung geschritten. Für die höheren Temperaturen wurden zwei Gipswürfel mit einer Kantenlänge von ca. 7 cm im Wasserbade von der gewünschten Temperatur ca. 30 Minuten lang mit dem kleinen Prüfkörper vorgewärmt und dann beide zusammen sofort unter das bereitgestellte Meßmikroskop gebracht. Das Messen erforderte zwischen 5 und 10 Stunden, ein Zeitraum, der bei einer Zimmertemperatur von ca. 30 ° C nicht ausreichte, die Temperatur des Wachskörpers um mehr als 1 ° C zu verringern, da der aus dem Wärmkörper entweichende Dampf niedrigeren Temperaturen entgegenarbeitete.

Bei diesen Messungen wurden bei dem billigen Wachse, sowohl beim gegossenen wie beim gepreßten Wachsmodell, sehr große Differenzen bei den einzelnen Temperaturen festgestellt. Einzelne Prüfkörper dieses Wachses dehnten sich bei Erhöhung der Temperatur von 14 ° auf 45 ° um 1,75 % bis 5,62 % aus.

Bei den beiden anderen Sorten wurde festgestellt, daß die gepreßten Wachsmodelle eine wesentlich geringere Expansion aufwiesen als die gegossenen. Die Deformation (Verbiegen) der Wachsstäbchen (10 : 2 : 2 mm) war zum Teil sehr stark.

Tabellen der Wachsprüfkörper bei Erwärmen.
(Seriendurchschnitt).
Randolf Wachs (schwarz)

Die lineare Expansion beträgt bei	Erwärmen von			
	14 ° auf 23 °	23 ° auf 33 °	23 ° auf 45 °	14 ° auf 45 °
Würfel				
gegossen	0,65 %	1,06 %	2,85 %	3,50 %
gepreßt	0,50	—	2,08	2,58 %
Stäbchen				
gegossen	0,62	—	1,95 %	2,57
gepreßt	0,63	—	1,71 %	2,35

Randolf Wachs ist plastisch bei ca. 46 ° C
Randolf Wachs schmilzt bei ca. 61 ° C

Harvard Blauwachs

Die lineare Expansion beträgt bei	nach Erwärmen von		
	14 ° auf 23 °	23 ° auf 45 °	14 ° auf 45 °
Würfel			
gegossen	0,71 %	1,40 %	2,11 %
gepreßt	0,61 %	0,91 %	1,52 %
Stäbchen			
gegossen	0,51 %	0,86 %	1,37 %
gepreßt	0,31 %	1,11 %	1,42 %

Harvard Blauwachs wird plastisch bei ca. 55 ° C
Harvard Blauwachs schmilzt bei ca. 63 ° C.

Die billige Wachsrorte

Die lineare Expansion beträgt bei	nach Erwärmen von		
	14 ° auf 23 °	23 ° auf 45 °	14 ° auf 45 °
Würfel			
gegossen	0,73 %	1,66 %	2,39 %
gepreßt	0,53 %	1,56 %	2,09 %
Stäbchen			
gegossen	1,40 %	2,07 %	3,47 %
gepreßt	0,74 %	0,87 %	1,61 %

Dieses Wachs wird plastisch bei ca. 40 ° C
Dieses Wachs wird flüssig bei ca. 66 ° C.

Aus diesen Tabellen ist deutlich zu ersehen, daß Gußwachse beim Erwärmen eine bedeutende Expansion aufweisen. Dies gestattet uns schon bei Temperaturen nunter der Bearbeitungsgrenze, die Kontraktion von Gold und evtl. der Einbettungsmasse zu kompensieren. Der Einfluß der Wärme auf das Wachsmodell zum Ausgleich der Kontraktion des Goldes läßt sich aus den weiter unten beschriebenen Versuchen ersehen.

Zu allen diesen Versuchen benützte ich Einbettungsmasse Nr. 6 und Randolf Wachs, da sich beide Materialien bei den Untersuchungen durch große Regelmäßigkeit auszeichneten. Sämtliche Prüfkörper (Wachsmodelle) wurden vor ihrer Behandlung bei Zimmertemperatur mit dem Meßmikroskop gemessen. Ihre Größe betrug 5 : 2 : 5 mm; sie wurden in

einer Präzisionslehre hergestellt und zwar wurde die vorgewärmte Leere mit flüssigem Wachs gefüllt, um die sog. latente Elastizität auszuschalten. Einbettungsmasse und Wasser verhielten sich, wie 14 : 5. Um ein anschaulicheres Bild zu gewinnen, wurde zuerst eine Serie Versuche mit dem allgemein üblichen Gußverfahren gemacht. Die Wachsmodelle wurden bei 23 ° C in eine Eisenmuffel eingebettet. (Auf Benützung eines Papierzylinders, wie Siong Han vorschlägt, um die Ausdehnung der Einbettungsmasse nach dem Muffelinnern zu vermeiden, wurde bewußt verzichtet, da es im Interesse der Sache liegt, das Verfahren möglichst einfach zu gestalten, nachdem genügend Beweise vorhanden sind, daß komplizierte Verfahren keine allgemeine Verbreitung finden). Die Muffel wurde nur auf offener Flamme vorgewärmt und der Guß erfolgte mittels der Handschleuder. Nach Abkühlen des Gusses wurde gemessen und festgestellt, daß der Goldguß um 0,98 % linear kürzer war als das Wachsmodell.

Bei der zweiten Versuchsreihe wurde unter Verwendung der gleichen Materialien das Modell bei 23 ° C mit einem ca. 2 mm dicken Mantel aus Einbettungsmasse versehen, worauf die zweite Einbettung (in den Gußring) sofort erfolgte. Hierauf kam die Muffel in ein schon bereit stehendes Wasserbad von 45 ° C, wo es für 30 Minuten verblieb. Das Wachs wurde dann über der kleinen Bunsenflamme herausgeschmolzen, die Einbettungsmasse getrocknet und vorgewärmt, worauf der Guß erfolgte. Der Gußkörper war bei dieser Serie um 2,06 % (linear) größer als sein Wachsmodell.

Die dritte Versuchsreihe erfolgte genau so, wie die zweite mit dem einen Unterschiede, daß die Muffel im Wasserbade nur auf 40 ° C erwärmt wurde. Der Guß war lediglich 0,48 % größer als sein Wachsmodell.

Bei der vierten Versuchsreihe wurde von der doppelten Einbettung Abstand genommen und genau so wie beim ersten Versuche eingebettet, dann aber die Muffel für 20 Minuten in ein Wasserbad von 37 ° C gesetzt. Die weitere Bearbeitung erfolgte wie üblich. Die Gußstücke zeigten eine Ausdehnung von 0,59 % linear. Wir haben hier also eine um 0,11 % größere Ausdehnung wie bei Versuch drei, obwohl wir nur auf 37 ° vorwärmten. Die Ursache hierfür ist leicht zu finden. Die einfache Einbettung geht viel rascher vor sich, als das doppelte Einbetten. Die Gußform kommt also viel rascher ins Warmbad und die volle Ausdehnung des Wachsmodelles wird nicht durch ein zu frühes Erhärten der Einbettungsmasse verhindert. Nun dürfte ohne weiteres verständlich sein, warum Elander bei seiner Methode mit Sekunden rechnet. Auch dürfte das ein Beweis dafür sein, daß der Ausgang der Versuche Coleman's zum mindesten noch von der aufs Mischen und Einbetten verwendeten Zeit abhängig ist.

Lutsch hatte gute Erfolge beim Gusse von Kronen, wenn er vor dem Modellieren der Krone den Zahnstumpf mit einer geeigneten Lackschicht überzog. Handelt es sich aber um Inlays, also um massivere Körper, so dürfte es zweckmäßig sein, das Wachsmodell gleichmäßig mit einem Lacke zu überziehen und dann erst einzubetten. Zur Prüfung dieses Lackgußverfahrens wurden eine Anzahl Wachsmodelle mit 10 Schichten Lack versehen und dann gegossen. Die Ausdehnung der Gußstücke betrug 0,1 % mehr als die des Modelles, also pro Lackschichte 0,01 %. Die mit Lack behandelten Wachsmodelle wurden nach dem allgemein üblichen Gußverfahren behandelt. Trotz des sichtbaren Erfolges dürfte dieses Lackexpansionsgußverfahren wenig Bedeutung haben, da es nur bei einigermaßen gleichkantigen (also würfelartigen) Objekten gute Resultate liefern kann, während z. B. bei Kronen das Verfahren nach Lutsch angewendet werden müßte. Zum Gusse von ganzen Brücken sind beide Verfahren unbrauchbar.

Ich bin mir bewußt, mit dieser Arbeit wenig Neues gebracht zu haben, aber sie dürfte für den Leser eine Anregung mehr sein, dem Expansionsgusse mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden. Ich halte es aber für vollkommen unrichtig, Expansionsgußverfahren zu entwickeln und zu empfehlen, deren umständliche Handhabung und teure Apparatur den Eingang ins Laboratorium des Praktikers verwehren. Ich glaube mit unseren Versuchen mit einmaligem Einbetten plus Wasserbad gezeigt zu haben, daß sich auch so auf einfachere Art ein genau so befriedigender Erfolg erreichen läßt.

Zusammenfassend läßt sich über den Expansionsguß folgendes sagen:

1. Wir haben im Markenwachs ein Hilfsmaterial, das uns durch seine Bereitwilligkeit, sich unter Wärmezufuhr auszudehnen, genügend Handhabe bietet, die Kontraktion des Goldes und evtl. der Einbettungsmasse zu kompensieren.

2. Da während des Erhitzens der Gußform von Zimmertemperatur bis 1000 ° C Schwankungen des Formhöhlenvolumens auftreten, ist es notwendig, den Guß immer bei gleicher Temperatur vrzunehmen. Eine Temperatur von 600—700 ° C dürfte am geeignetsten sein.

3. Eine rein rechnerische Verwertung der Abbindeexpansion der Einbettungsmasse, der Ausdehnung bezw. Schrumpfung beim Erhitzen der Gußform plus der Expansion des Wachses unter Wärmezufuhr ist unrichtig.

4. Komplizierte Expansionsgußmethoden sind wegen ihrer zahlreichen Fehlermöglichkeiten und wegen ihrer Unbeliebtheit beim Praktiker ungeeignet.

5. Dagegen ist es jedem Praktiker möglich, bei Benützung von immer der gleichen Einbettungsmasse und des gleichen Gußwachses und durch

Gießen bei immer annähernd gleicher Temperatur durch Erwärmen des Wachsmodelles auf eine bestimmte Temperatur während der Abbindezeit bei nur einmaligem Einbetten sämtliche Schrumpfungsfaktoren zu kompensieren.

6. Die Erfolge beim Lackgußverfahren sind nur bei kubischen Goldgußfüllungen und bei gegossenen Kronen gute.

Vielleicht darf ich zum Schluß dieser Arbeit für diejenigen Praktiker, die eine Gußfüllung zu Gunsten des gehämmerten heute noch ablehnen, den Ausspruch anfügen, den van Horn schon im Jahre 1910 vor seinen amerikanischen Kollegen tat: „I am willing to go on rekord as saying that the operative dentist, who ist not utilizing the casting process in his practice is not rendering to his clientele the service which is their due he is not working to the limits of present possibilities in operative procedures". (Ich bin gewillt, so weit zu gehen, daß ich behaupte, daß ein praktischer Zahnarzt, der das Gußverfahren in seiner Praxis nicht anwendet, seinen Patienten nicht die Behandlung zukommen läßt, auf welche diese Anspruch haben — denn er nützt in der operativen Zahnheilkunde nicht alle Möglichkeiten aus, die ihm gegenwärtig geboten sind.

Literaturverzeichnis.

1. Coleman, R. L.: Physical properties of dental materials (gold alloys and accessory materials). Bureau of Standards Journal of Research, December 1928.
2. Elander: Das Gießen von Goldeinlagen.
3. Gerlach: Die zahnärztliche Wochenschrift, 35. Jahrg. Nr. 21.
4. Siong Han: Experimentelle Untersuchungen zur weiteren Klärung des Gußproblems. D. Mtschr. f. Zahnhkd. 1930.
5. van Horn: Formveränderungen von Modellierwachs und ihre Ursachen. Dt. Mtschr. f. Zhlkd. 1930. The Dental cosmos 1910 und 1925.
6. Lutsch: Zahnärztl. Rundschau 1932/I.
7. D. S. Meyer: The Dental cosmos 1912.
8. Orban: Die Expansionsgußtechnik nach der Methode Mayer-Maves. Zeitschr. f. Stomatologie. 1930.
9. Preissecker: dto.
10. Price, W. A.: Veränderungen von Modellierwachs und Einbettungsmasse beim Gußverfahren. Dt. Mtsch. f. Zhlkd. 1922. The Dental cosmos 1910 und 1911;

11. Rosenzweig: Bemerkungen zum Expansionsguß. Ztschr. f. Stomatologie. 1930.
12. Schaeffner: Formveränderungen von Goldgüssen für die Zahnheilkunde in Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung mit besonderer Berücksichtigung der Vergütung. Dt. zahnärztl. Wochenschr. 1931.
13. Schubert: Expansionsgußverfahren und Untersuchungen auf den praktischen Wert. Dt. zahnärztl. Wochenschr. 1932.
14. Solbrig: Welche Faktoren bedingen die Formveränderungen in dem zahnärztlichen Gußverfahren? Viertelj. Schr f. Zhlkd. 1932.
15. Taggart: The Dental Cosmos, 1907.
16. Wannenmacher: Materialienkunde, Fortschritt der Zahnheilkunde, 1927.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, auch an dieser Stelle meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Wannenmacher, für die Ueberlassung der Arbeit, für die zur Verfügung gestellten Apparate und Hilfsmittel, sowie für seinen mir oft erteilten wertvollen Rat ergebenst zu danken.

Lebenslauf.

Am 17. Juli 1898 bin ich, Josef Guntner, Sohn des Buchbindermeisters August Guntner in Türkheim (Bayern) geboren.

Nach sechsjährigem Besuch der Volksschule ging ich an das Humanistische Gymnasium nach Dillingen, wo ich auch meine Reifeprüfung ablegte. Während des Weltkriegs war ich beim 1. bayr. Res. Feld-Art. Reg. an der Front, wurde mehrmals verwundet und geriet kurz vor Waffenstillstand in englische Gefangenschaft, aus der ich im November 1919 zurückkehrte. Von 1920—1923 studierte ich Volkswirtschaft in München und Tübingen.

1930 begann ich das Studium der Zahnheilkunde und studierte 1930 und 1931 an der Universität in Minreapolis (U.S.A.). Die zahnärztliche Vorprüfung legte ich 1931 (Oktober) an der Universität Tübingen ab, wo ich dann auch am 22. April 1933 die zahnärzliche Prüfung bestand.